Код УДК: 52, 338.28

Круглый стол

«КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИННОВАЦИИ»

Докладчик: Борисов Всеволод Васильевич, канд. физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник отдела проблем глобализации и международного сотрудничества в сфере науки и инноваций, Российский научно-исследовательский институт экономики, политики и права в научно-технической сфере (РИЭПП), Россия, Москва, vsvasbor@yandex.ru.

Аннотация: Тема круглого стола – одно из наиболее важных приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в РФ. Участники дискуссии обсуждали вопросы влияния космических исследований на экономическое развитие страны, на ее технологический облик. Практика показывает, что исследования, связанные с освоением космоса, дают мощный импульс развитию науки и технологий и, наоборот, инновации, основанные на научных результатах, полученных в других областях науки, открывают новые горизонты в космических исследованиях. Докладчиком был представлен исторический обзор наиболее важных этапов космических исследований, сформулированы основные категории решаемых в их процессе научных задач. Поднимались и вопросы экономической отдачи космических исследований, а также международного сотрудничества в освоении космоса.

Ключевые слова: исследования космоса; прикладные результаты космических исследований, космические инновации; международное сотрудничество в области освоения космоса.

Roundtable Discussion
«SPACE RESEARCH AND INNOVATION»

Keynote speaker: Borisov Vsevolod Vasilevich, candidate of Physico-Mathematical Sciences, leading researcher of the Department of Globalization and International Cooperation in Science and Innovations Sphere, Russian Research Institute of Economics, Politics and Law in Science and Technology (RIEPL), Russia, Moscow, vsvasbor@yandex.ru.

Abstract: The topic of the roundtable discussion is one of the most important priorities in the development of science, technology and engineering in Russia. Panelists discussed the impact of space research on economic development of the country, its technological aspect. Experience shows that research related to space exploration, give a powerful impetus to the development of science and technology and, on the contrary, innovation based on research results obtained in other areas of science, open up new horizons in space exploration. The reporter presented a historical overview of the most important steps in space research, formulated the basic categories of the scientific tasks solved in the process of space research. Questions of economic benefits of space research and of international cooperation in space exploration were also raised.

Keywords: space exploration; applied results of space research; space innovation; international cooperation in space exploration.

22 апреля 2015 г. в РИЭПП прошел круглый стол «Инновационный характер космических исследований». С докладом выступил ведущий научный сотрудник отдела проблем глобализации и международного сотрудничества в сфере науки и инноваций, кандидат физико-математических наук Всеволод Васильевич Борисов. В обсуждении приняли участие:

Брук Юлий Менделеевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Физического института РАН;

Грибовский Андрей Владимирович, кандидат экономических наук, заведующий отделом проблем интеграции науки и образования РИЭПП;

Изосимов Владимир Юрьевич, заместитель директора, заведующий отделом мониторинга и оценки развития сферы науки и инноваций РИЭПП;

Калюжный Кирилл Александрович, кандидат политических наук, заведующий сектором мониторинга информационной среды науки РИЭПП;

Кротов Сергей Сергевич, доктор физико-математических наук, профессор Физического факультета МГУ;

Мелик-Адамян Вильям Рафаилович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник Института кристаллографии РАН;

Осадчук Евгений Валентинович, кандидат экономических наук, заведующий отделом проблем развития информационной среды и инфраструктуры науки РИЭПП;

Ростовцев Андрей Африканович, доктор физико-математических наук, профессор, РИЭПП;

Тугаринов Иван Алексеевич, кандидат геолого-минералогических наук, Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы (РИНКЦЭ);

Чеботарев Павел Юрьевич, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник Института проблем управления РАН.

Изосимов В. Ю.: Коллеги, давайте начнем работу нашего круглого стола. Сегодняшняя тема – инновационный характер космических исследований – не очень характерна для нашего института, но тем она интересней. Интерес здесь не только познавательный, но, как мне представляется, интерес проистекает из того, что в космических исследованиях наша страна всегда была одним из лидеров, хотя в последние два десятилетия, по крайней мере, мне, дилетанту, так представляется, дела обстоят не так блестяще. И хотелось бы понять: в чем проблемы, в чем причины такого положения дел; потому что они, наверное, носят общий характер и имеют отношение к науке в целом. Итак, предоставим слово Всеволоду Васильевичу Борисову для доклада, а потом приступим к вопросам и обсуждению.

Борисов В. В.[1]**:** Добрый день. Владимир Юрьевич обратил внимание на то, что это не совсем типичная для нашего института тема. Я могу сказать, почему я за нее взялся. Дело в том, что нашему Институту, РИЭПП, поручили дать материал по государственной поддержке науки в западных странах: Европе, США. И когда я стал знакомиться, что было сделано под эгидой американской организации НАСА, я практически утонул, эта тема меня уже не отпускала.

Относительно инноваций, почему в названии стоят слова *инновационный характер*. Обычно и в устной речи, и в письменных текстах мы не поясняем значение каждого слова. Есть большой набор общеупотребительных слов, еще подспорьем служит логика словообразования. И когда мы говорим об инновациях, эта логика подсказывает, что речь идет об *успешно реализованных полезных новшествах*. Смысл несколько размыт. Надо еще уточнить: насколько успешных, насколько полно реализованных, насколько полезных, в какой степени новых. Больше всего помогают самые наглядные примеры инноваций, которые не вызывают никаких сомнений: информационные технологии, генная инженерия и т. д.

Инновации принято связывать с рыночной экономикой. Тем не менее, встречаются суждения об инновациях в сфере управления и в других сферах, не имеющих прямого отношения к рынку – в том числе и в сфере науки, когда речь идет о получении новых знаний, особенно, когда эти знания открывают новые горизонты в познании мира. Логика здесь та же, просто роль товарообмена играет обмен новыми знаниями.

Конечно, получение новых знаний требует немалых материальных затрат. Регулирование этих затрат обычно происходит на государственном или международном уровне.

При этом принимаются во внимание два обстоятельства.

Во-первых, наличие общечеловеческого спроса на новые знания.

Другое связано с многочисленными историческими примерами безусловной окупаемости в общечеловеческом масштабе расходов на научные исследования - благодаря широкому практическому применению новых знаний. Именно в этом и заключается смысл наблюдаемого в развитых странах перехода к экономике, основанной на знаниях.

Конечно, наибольшую ценность имеют крупномасштабные инновации. Думаю, имеются все основания отнести к этой категории многочисленные инновации, открывшие новые широкие горизонты в области космических исследований.

4 октября 1957 г/ в Советском Союзе был осуществлен запуск первого искусственного спутника Земли (рис. 1).

В США это вызвало серьезную тревогу. Там были уверены в технологической отсталости СССР, а оказалось, что в области ракетостроения он и вовсе всех опережает. Кроме того, была вполне ясна связь запуска искусственного спутника с разработкой межконтинентальных баллистических ракет.

---

[1] Доклад сопровождается демонстрацией слайдов. Слайды включены в текст.

4.10.1957 — 4.1.1958
Вес 84 кг
Наибольшее удаление
от поверхности Земли 939 км
Период 96.2 минут
Скорость 8.1 км/с

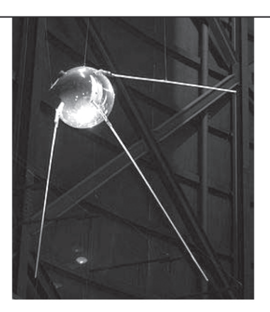


Рис. 1. Первый искусственный спутник Земли

Какое-то время СССР продолжал лидировать. В октябре 1959 г. были получены первые снимки обратной стороны Луны, в апреле 1961 г. был полет Юрия Гагарина. В 1966 г. была впервые осуществлена мягкая посадка космического аппарата на поверхность Луны. Впоследствии, в 1970 и 1973 гг. это позволило отправить на Луну два лунохода, прошедших по ее поверхности суммарно более 47 км.

Но к этому времени безусловное лидерство перешло к американцам. С 1969 по 1972 г. они осуществили 6 успешных полетов к Луне, с высадкой астронавтов на ее поверхность (не считая двух полетов без такой высадки). Все астронавты благополучно вернулись на Землю. Доставленные ими 382 кг образцов лунного грунта стали объектом изучения во многих лабораториях мира.

В прикладном отношении наибольший вес имеет *ближний* космос. Это и спутники связи, и система детального наблюдения за всем, что происходит на поверхности Земли, изучение атмосферных явлений и так далее.

Здесь был достигнут целый ряд инновационных успехов.

Поразительный прогресс наблюдался (и продолжает наблюдаться) в разработках все более совершенных космических кораблей, рассчитанных на длительное пребывание в них космонавтов.

Уже в 60-е гг. был совершен переход к кораблям, рассчитанным на несколько космонавтов. Это позволило работать вместе специалистам разного профиля.

Расчет на длительное пребывание членов экипажа в космосе потребовал создать для космонавтов комфортную систему жизнеобеспечения, что устранило потребность в скафандрах.

Большое значение имела разработка технологий стыковки космических аппаратов. Далее на орбитальные станции стали направлять грузовые аппараты с топливом, оборудованием и другими материалами.

Резко выросла разрешающая способность наблюдений за поверхностью Земли, что в немалой степени способствовало благоприятному развитию международных отношений, поскольку волей-неволей пришлось придавать им значительно большую открытость.

Освоение ближнего космоса позволило значительно «приблизить» в том числе и дальний космос. Все больший размах стала приобретать организация в ближнем космосе разнообразных космических обсерваторий.

В 1990 г. американцы вывели в космос **телескоп «Хаббл»** (табл. 1), названный в честь Эдвина Хаббла, который в 1929 г. на основании сделанных им наблюдений сформулировал закон расширения Вселенной, согласно которому галактики удаляются от Земли тем быстрее, чем дальше они от нее находятся.

Таблица 1. Телескоп Хаббл (Hubble Space Telescope)

Запуск на орбиту: апрель 1990 г.
Вес 11 тонн. Высота над уровнем моря 550 км
Период 96 минут. Скорость 7,2 км/сек
Регистрируемые излучения: видимый свет, ближние инфракрасные и ближние ультрафиолетовые лучи
Миссии по ремонту и модернизации:
декабрь 1993, февраль 1997, декабрь 1999, март 2002, май 2009

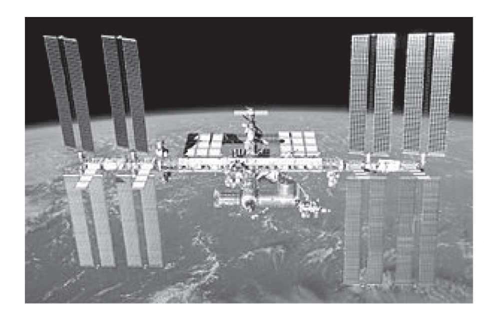
Поначалу снимки с телескопа были не очень высокого качества из-за ошибок, сделанных при изготовлении его зеркала. Для устранения этого недостатка в декабре 1993 г. в космос были отправлены два специалиста – была осуществлена стыковка их космического аппарата с телескопом, после чего были сделаны все нужные исправления. И уже с января 1994 г. с телескопа стали поступать снимки намного более высокого качества.

Впоследствии к телескопу было организовано еще четыре полета (последний – в 1999 г.), были заменены вышедшие из строя гироскопы, произведен мелкий ремонт, модернизированы отдельные элементы конструкции телескопа.

Важную роль в проведении космических исследований продолжает играть Международная космическая станция (рис. 2), которая была собрана непосредственно в космосе модульным способом: корпус был отправлен на орбиту в 1998 г., потом была произведена доставка множества других компонентов. В 2000 г. на станцию прибыли первые космонавты.

Станция разделена на два сегмента: российский и американский. В общей сложности на ней уже побывали представители 15 государств.

Изучение небесных тел, входящих в состав Солнечной системы – планет и их спутников, комет, астероидов – длится многие века. И если



Запуск на орбиту: 1998
Вес 450 тонн
Высота над уровнем моря 420 км
Период 93 минуты
Скорость 7,7 км/сек
Экипаж: 6 человек

Рис. 2. Международная космическая станция

суммировать то, что стало известно о Солнечной системе еще до наступления «космической эры», приходится поражаться огромному количеству деталей, полученных в результате наземных наблюдений (табл. 2).

Таблица 2. Планеты Солнечной системы

	Перигелий/ афелий (а. е.)	**Орбит. скорость (км/с)**	**Орбит. период (лет)**	**Средн. плотность (г/см^3)**	**Масса (в кг или в сравн. с Землей)**
Меркурий	0,31 / 0,47	47	0,24	5,4	0.055
Венера	0,72 / 0,73	35	0,615	5,2	0,815
Земля	**0,98 / 1,02**	**30**	**1,0**	**5.5**	**$6{,}0\times10^{24}$**
Марс	1,38 / 1,67	24	1.88	3,9	0,107
Веста*	2,15 / 2,57	19,3	3,63	3,46	2.6×10^{20}
Церера*	2,56 / 2,98	17,9	4,6	2,08	9.4×10^{20}
Юпитер	4,95 / 5,46	13	11,9	1,33	317
Сатурн	9,0 / 10,1	9,7	29,5	0,69	95
Уран	18,3 / 20,1	6,8	84	1,27	14,5
Нептун	29,8 / 30,3	5,4	165	1.64	17
Плутон†	29,7 / 48,9	4,7	248	2,03	1.3×10^{22}

* пояс астероидов † планета-карлик

Здесь а. е. – это *астрономическая единица, среднее расстояние от Земли до Солнца*. (1 а. е. = 150 млн км).

Помимо Земли в состав Солнечной системы входят еще семь планет. Вблизи каждой из них, а иногда и на самой их поверхности за последние несколько десятков лет побывали посланные с Земли космические аппараты. Ко многим планетам полеты производились по нескольку раз, а в отношении Венеры и Марса счет идет на десятки.

Что касается общего количества таких запусков, оно уже давно выражается трехзначным числом.

Чаще всего, говоря о международном сотрудничестве в области космических исследований, упоминают совместный экспериментальный

полет в июле 1975 г. советского космического корабля «Союз-19» и американского космического корабля «Аполлон». Понятно, какое значение имел этот полет в период «холодной войны». Однако международное сотрудничество в космической области охватывает намного более длительный период и осуществляется с участием много большего числа стран.

Во-первых, это касается разработок конструкции космических аппаратов. Иногда дело сводится к модернизации прежних приборов и узлов, но постепенно набор приборов, которыми оснащаются космические аппараты, позволяет выполнять все более широкий спектр измерений.

Основную часть работ (около 80 %) выполняют специалисты США. Изготовление отдельных новых или модернизированных узлов и измерительных приборов часто поручают специалистам из стран Евросоюза (Италии, Германии, Испании, Франции, Дании), а также из Индии, Японии и Китая. *Существенный вклад вносят и российские специалисты*.

Во-вторых, используются системы запуска космических аппаратов, имеющиеся в других странах. Часто используется крупнейший в мире космодром Байконур, расположенный на территории Казахстана, который Россия использует на правах аренды.

Многие космические запуски и осуществляемые в ходе полетов космических аппаратов исследования проводятся совместно двумя или несколькими странами. Особенно тесно сотрудничают НАСА и ряд других организаций США с Европейским космическим агентством при участии космических агентств и других организаций отдельных европейских стран.

При этом подавляющее большинство получаемых результатов оказывается в системе открытого доступа (в частности, в сети Интернет), с возможностью ознакомления с полученными результатами всех желающих.

Разумеется, смысл имеют только такие полеты, при которых с космическими аппаратами поддерживается двусторонняя связь и производится регулярный обмен большими объемами информации. Это позволяет направлять на космические аппараты команды с Земли и осуществлять прием наземными станциями всей собранной информации.

Чтобы такие коммуникации можно было поддерживать в течение всех 24-х часов, была организована *Сеть дальней космической связи*, в состав которой входят три станции: одна – в Барстоу (к северо-востоку от Лос-Анджелеса); другая – в Мадриде и третья – в Канберре (Австралия). Расположение станций выбрано так, чтобы любой космический аппарат в любое время суток находился «в прямой видимости» по крайней мере одной из станций.

Но особенно важной и сложной технической задачей является повышение мощности компактных передатчиков, которыми оснащаются космические аппараты, и повышение чувствительности систем приема дальних сигналов как на самих космических аппаратах, так и на наземных станциях.

Когда в декабре 1962 г. при сближении с Венерой американского космического аппарата *Mariner 2* с ним сохранялась двусторонняя связь, эта впервые осуществленная межпланетная коммуникация вполне оправданно воспринималась как огромное достижение.

Но вот как выглядят более поздние примеры.

Американский космический аппарат *Pioneer 10* был запущен в космос в марте 1972 г. для исследования планет и гелиосферы. Последний контакт с аппаратом наземных станций имел место в январе 2003 г. Аппарат находился на расстоянии 12 млрд км (80 а. е.) от Земли.

Другой американский космический аппарат, *Voyager 1*, был запущен в космос в сентябре 1977 г. Миссия была примерно такой же: исследование дальних планет, гелиосферы и межзвездной среды. Voyager 1 в течение 37 лет сохранял способность поддерживать двустороннюю связь с Сетью дальней космической связи. В ноябре 2014 г. он находился от Земли на расстоянии 130 а. е. (19,5 млрд км) – самый дальний на этот момент космический аппарат.

Причем коммуникации с космическими аппаратами связаны с передачей очень больших объемов информации. И поскольку речь идет о научно значимой информации, она должна быть еще и надежной. Обычно считают, что передача информации полностью от отсутствия ошибок не гарантирована. Поэтому передача информации, как правило, производится повторно.

Аналогичная проблема возникает с точностью работы приборов, которыми оснащается космический аппарат. В этом случае надежность также обеспечивается наличием либо независимых, либо повторных измерений.

В число инноваций, имеющих колоссальное значение для космических исследований, входит *методика расчета траекторий* космических аппаратов.

С учетом относительно слабой маневренности космических аппаратов, их траектории должны быть рассчитаны заранее и возможно более точно. Небольшие корректировки по ходу полета возможны, но не очень большие.

При полетах космических аппаратов к другим планетам необходимо возможно более точно рассчитать влияние гравитационных полей Солнца и других планет и выбрать траекторию так, чтобы гравитационные поля не только не мешали, а, наоборот, помогали движению космического аппарата в нужном направлении и повышали скорость полета.

Многое зависит от времени запуска. Для полетов к каждой конкретной планете рассчитываются так называемые «*окна возможностей*». Имеются в виду наиболее благоприятные относительные положения планет, к которым будет направлен космический аппарат, а также тех планет, вблизи которых ему выгодно оказаться по ходу полета. Такие окна возможностей могут отстоять одно от другого на несколько лет: ведь взаимное расположение планет все время меняется.

В качестве примера можно привести полет космического корабля Cassini к Сатурну (табл. 3).

Таблица 3. Полет космического аппарата Cassini

Запуск	15.10.1997	
1-ый пролет вблизи Венеры	Апрель 1998	Ускорение гравитационным полем Венеры
2-ой пролет вблизи Венеры	Июнь 1999	Ускорение гравитационным полем Венеры
Пролет вблизи поля астероидов		Влияние гравитационного поля Солнца
Пролет вблизи Земли	Август 1999	Ускорение гравитационным полем Земли
Пролет вблизи Юпитера	Декабрь 2000	Ускорение гравитационным полем Юпитера
Встраивание в орбиту Сатурна	Июль 2004	

Обращают на себя внимание маневры, связанные с использованием гравитационного поля Венеры. Была выбрана траектория с двумя пролетами в относительной близости от Венеры, между которыми Венера совершила почти два оборота вокруг Солнца.

Освоение космоса включает в себя решение задач двух типов.

Во-первых, это *технические задачи*, при решении которых особенно важную роль играют инновационные идеи. Сюда входит конструирование космических аппаратов, подбор ракетного топлива, оснащение аппаратов более точными и разнообразными измерительными приборами.

А второй тип задач – *непосредственное изучение космоса*, детальное описание процессов, идущих на различных планетах и других небесных телах, а также в межпланетном и межзвездном пространстве. Производится изучение состояния атмосферы, окружающей многие планеты, ее химического состава, давления и температуры на разных высотах; измерение магнитного поля. Очень важной задачей считается изучение поверхности планет: грунта, почв, пород, минералов. Возникает даже надежда в перспективе восстановить по полученным данным геологическую историю планет, сопоставляя это с геологической историей Земли.

Разумеется, без решения сложных технологических задач едва ли можно надеяться на успешное решение задач второго типа.

Кстати, сами полеты космических аппаратов можно рассматривать как испытания найденных конструкторских и технологических решений. Таким испытанием, например, был полет Гагарина. О самом космосе этот полет новых сведений не дал, но главным результатом было как раз то, что никаких неожиданностей не произошло.

Теперь приведем конкретные примеры изучения планет Солнечной системы.

При организации полетов к Меркурию большие трудности были связаны с его близостью к Солнцу, гравитационное поле которого оказывает сильное влияние на полет космического корабля.

К Меркурию было направлено два аппарата: *Mariner 10* и *MESSENGER* (табл. 4).

Таблица 4. Полеты к Меркурию

Mariner 10
Дата запуска 3.11.1973 Полет вблизи Венеры на расстоянии 5770 км (05.02.1974) Полеты вблизи Меркурия на расстоянии: 704 км (29.03.1974), 48 000 км (21.09.1974) и 327 км (16.03.1975)
MESSENGER
(MErcury Surface, Space ENvironment, GEochemistry, and Ranging), Дата запуска 03.08.2004 Использование сил гравитации: вблизи Земли, 02.08.2005 вблизи Венеры, 24.10.2006 и 05.06.2007 Выход на орбиту вокруг Меркурия: 18.03.2011 Полет продолжается (от даты запуска истекло более 10 лет)

Mariner 10 трижды оказывался вблизи Меркурия, были получены первые снимки его поверхности, снятые с близкого расстояния. Однако, все три раза к космическому аппарату оказывалась обращена одна и та же сторона Меркурия. Всего удалось нанести на карту менее 45 % поверхности планеты.

Меркурий очень медленно вращается вокруг своей оси, на один оборот уходит около 59 земных дней. Поэтому довольно неожиданным оказалось наличие довольно сильного магнитного поля Меркурия.

MESSENGER удалось встроить в орбиту ***вокруг*** Меркурия только через 6,5 лет после запуска. По ходу его орбитального движения было отснято 100 тыс. снимков поверхности Меркурия. В конечном итоге на карту удалось нанести все 100 % его поверхности.

Венера во многом похожа на Землю, но есть и отличия. У Венеры намного более плотная атмосфера, состоящая в основном из углекислого газа. Средняя температура на поверхности Венеры равна 462°С. Поверхность Венеры даже с орбитальных космических аппаратов не видна, поскольку экранирована слоем сернокислых облаков. И еще Венера практически не имеет собственного магнитного поля.

В рамках программ исследования Венеры было запушено 44 космических аппарата. Более или менее успешными оказались 22 запуска.

Отметим два важнейших успеха. После многочисленных попыток удалось спустить на поверхность Венеры посадочный модуль, который позволил получить много информации об атмосфере Венеры и о составе почвы. При спуске постоянно работала система охлаждения спускаемого модуля. Большой вклад внесли советские космические аппараты.

Второй успех – полная радарная съемка поверхности Венеры в ходе

орбитального полета космического аппарата Магеллан.

Оказалось, что Венера вращается вокруг своей оси еще медленнее, чем Меркурий (один оборот занимает 243 земных дня), причем вращение Венеры противоположно направлению суточного вращения Земли.

Очень кратко о полетах к дальним планетам. Интерес представляют и сами планеты, и их спутники. Ниже дана таблица полетов космических аппаратов к Юпитеру (табл. 5). Вблизи этой планеты в разное время побывало 8 космических аппаратов.

Таблица 5. Полеты космических аппаратов вблизи Юпитера

Космический аппарат	Дата запуска	Дата наибольшего сближения	Расстояние
Pioneer 10	3 марта 1972 г.	3 дек. 1973 г.	130,000 км
Pioneer 11	6 апреля 1973 г.	4 дек. 1974 г.	34,000 км
Voyager 1	5 сент. 1977 г.	5 марта 1979 г.	349,000 км
Voyager 2	20 авг. 1977 г.	9 июля 1979 г.	570,000 км
Galileo	18 окт. 1989 г.	8 дек. 1995 г.	Орбитальное движение вокруг Юпитера
Ulysses	6 окт. 1990 г.	8 фев. 1992 г. 4 фев. 2004 г.	410,000 км 120 млн км
Cassini	15 окт. 1997 г.	30 дек. 2000 г.	10 млн км
New Horizons	19 янв. 2006 г.	28 фев. 2007 г.	2,3 млн км

С учетом того, что даже наименьшее возможное расстояние Юпитера от Земли составляет 600 млн км, пролет аппарата на расстоянии двух миллионов километров можно расценивать как пролет «вблизи Юпитера».

Каждым из аппаратов было снято большое число снимков Юпитера и его спутников, но наиболее подробная информация была получена в ходе орбитального движения аппарата *Galileo*. Еще до наибольшего сближения с Юпитером от *Galileo* отделился атмосферный зонд, который вошел в верхние слои атмосферы Юпитера, спустился на 156 км и в течение 58 минут сохранял способность передавать данные, полученные с помощью входивших в состав зонда приборов.

А орбитальный аппарат несколько раз проходил очень близко от спутников Юпитера Ио и Европы, находящихся к Юпитеру ближе остальных спутников. Для Ио оказалась характерна сильная вулканическая активность, а на поверхности Европы под слоем льда обнаружился океан жидкой воды.

На самом Юпитере хорошо видны широтные массивные слои облаков, перемещающиеся с очень большой скоростью, и выделяется знаменитое *Большое красное пятно*, диаметр которого равен примерно 12 тыс. км. Кстати, оно было замечено еще в 1831 г. Конечно, снимки с космических аппаратов выявили намного больше деталей. В Интернете даже имеется видео, которое позволяет на фоне движения широтных

слоев видеть сильнейший антициклонный вихрь в области Большого красного пятна.

Было показано, что размеры Большого красного пятна в разные периоды меняются (рис. 4), что вовсе не удивительно: погода бывает неустойчива не только на Земле.

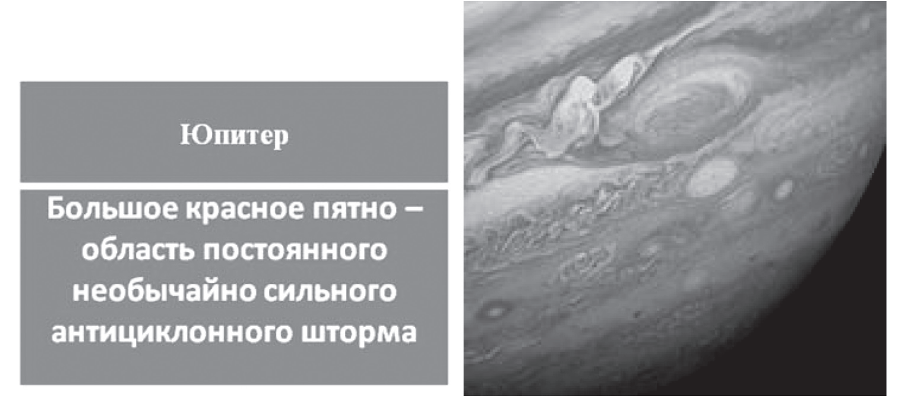


Рис. 3. Большое красное пятно на Юпитере

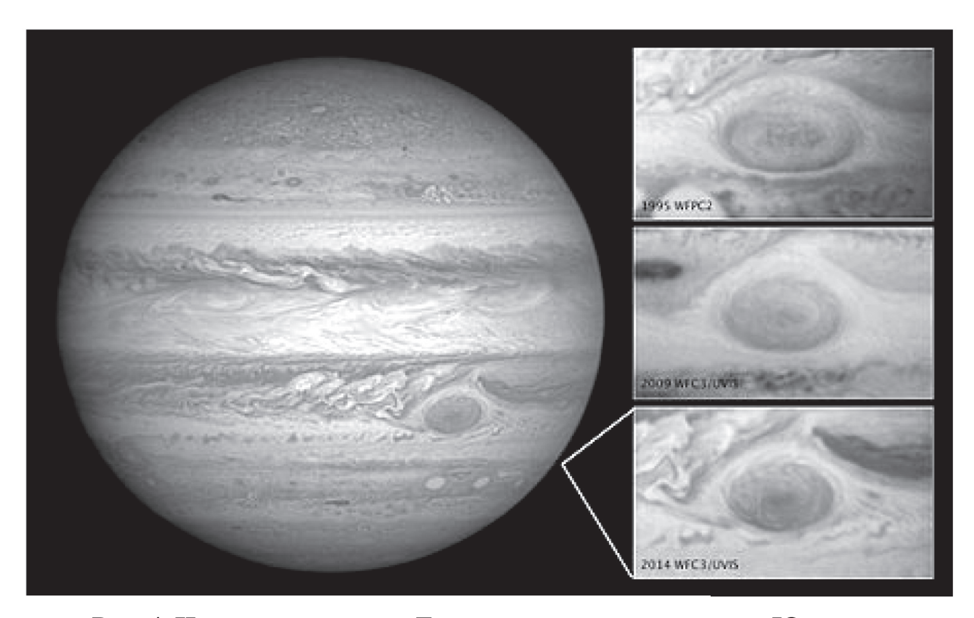


Рис. 4. Изменение размера Большого красного пятна на Юпитере

Сатурн наиболее подробно исследован в ходе полета аппарата *Cassini*, совершавшего орбитальное движение вокруг планеты. Удалось получить много новой информации, но особое внимание было уделено крупнейшему спутнику Сатурна Титану, на который удалось спустить посадочный модуль *Гюйгенс*.

Можно упомянуть еще об изучении спутника Нептуна Тритона. В августе 1989 г. много данных об этом спутнике принес полет космического аппарата *Voyager 2*.

К слову сказать, кольца были обнаружены не только у Сатурна, но также и у Юпитера, Урана и Нептуна. Впрочем, эти намного слабее выраженные кольца были обнаружены еще раньше при наблюдении за этими планетами с Земли и с телескопа «Хаббл».

Конечно, это очень беглый рассказ о полученных результатах при исследовании дальних планет – на более подробный рассказ нет времени.

Совсем кратко еще две темы.

Запуск в ближний космос телескопа «Хаббл» был, безусловно, важным событием, но первая космическая обсерватория появилась еще в 1968 г. Примерно полтора года производилась съемка ультрафиолетового излучения от комет, планет и галактик.

Вообще, сама возможность регистрировать весь приходящий из космоса спектр электромагнитного излучения – это не только количественное достижение, но и качественное. Фактически появилось пять новых областей астрофизики: радиоастрономия; изучение космоса путем регистрации инфракрасного излучения и трех видов излучения в области более коротких длин волн: ультрафиолетового, рентгеновского и гамма-излучения.

Скажу несколько слов о регистрации реликтового излучения в микроволновой области, которое возникло еще в ранний период формирования Вселенной. В 1964 г. это излучение зарегистрировали наземными средствами Пензиас и Вильсон, за что они в 1978 г. получили Нобелевскую премию. Но оказалось, что многие гипотезы, выдвинутые физиками-теоретиками, можно проверить, если возможно подробнее и точнее изучить анизотропию микроволнового фона. Первые попытки были предприняты у нас, был запущен космический аппарат «Реликт-1», но намного более подробные сведения были получены после того, как в космос в 1989 г. был запущен аппарат *COBE* (Cosmic Background Explorer). Автором проекта был Джордж Смут, в его реализации активно участвовал Джон Мазер. Полученным ими результатам была дана очень высокая оценка, и в 2006 г. им тоже была присуждена Нобелевская премия. Но на этом дело не кончилось, еще более точные и подробные данные были получены после запуска американского аппарата *WMAP* (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe). Съемка шла с 2001 по 2010 гг. Наконец еще более высокого разрешения удалось добиться в результате организованного Европейским космическим агентством в 2009 г. запуска космического аппарата «*Планк*». Интересно, что при этом одной ракетой в космос были запущены два разных космических аппарата, «*Планк*» и «*Гершель*». «*Планк*» позволил получить данные при еще более высоком разрешении. Для физиков-космологов это была просто манна небесная.

Ну и, наконец, нельзя ничего не сказать об исследованиях Марса. Знаменитый вопрос: «Есть ли жизнь на Марсе?», сменился вопросом: а была ли там жизнь раньше?

Получены подробнейшие марсографические данные, построена карта Марса со всеми марсианскими параллелями и меридианами.

На Марс было спущено четыре марсохода. Первый прошел 100 метров, второй – 7 км, третий – 40 км и четвертый продолжает набирать свои километры.

Расскажу только два эпизода: один поучительный, другой забавный.

НАСА объявила конкурс на лучшее название для четвертого марсохода. Конкурс выиграла американская шестиклассница, предложившая название *Curiosity*, что означает «любопытство». Она обосновала это тем, что к познанию мира человечеством движет именно любопытство. Она оказалась умнее некоторых наших чиновников, которые всерьез ругают ученых за их стремление удовлетворять любопытство за государственный счет.

А забавный эпизод вот какой. Многие американцы живо интересуются изучением космоса. И когда марсоход *Curiosity* проработал ровно год, заранее предусмотрели, что он пошлет на Землю известную мелодию «Happy birthday to you» – поздравление с днем рождения. Эту мелодию передали по американскому телевидению, и американцы с удовольствием услышали, как марсоход сам себя поздравляет с днем рождения. На этом я закончу. Спасибо.

Изосимов В. Ю.: Спасибо, Всеволод Васильевич. Приступим к вопросам докладчику. Прошу, Андрей Владимирович.

Грибовский А. В.: А можно немножечко, если у вас есть такая информация, поподробней рассказать о вкладе российских исследователей в изучение космоса, потому что получается, что мы в общем-то в основном обеспечиваем доставку груза на ту же международную космическую станцию, а как у нас с изучением дальнего космоса?

Борисов В. В.: Должен сказать, что как раз в космической отрасли отношения между различными специалистами самые доброжелательные. Скажем, в американских музеях активно прославляют то, что получено советскими специалистами. И отношения в двух сегментах международной космической станции великолепные. У нас есть космонавты, которые на этих станциях провели суммарно уже более года и, конечно, они вместе с иностранными коллегами работают над изучением самых разных проблем. Если говорить непосредственно о работе на орбитальных космических аппаратах, то там не нужно очень много крупных специалистов, но те российские специалисты, которые там есть – по-настоящему работоспособные высококвалифицированные специалисты, которые пользуются огромным уважением со стороны иностранных коллег.

Что касается полетов к дальним планетам, то вы понимаете, что сегодня России это совершенно не по силам, потому что на каждый полет затрачивается – 600 млн долл., как минимум. Но американцы тем не менее считают, что это надо делать. Если говорить о космических аппаратах, то в советское время по Венере основные данные были получены нашей страной. Одна из космических обсерваторий была организована и работала как совместная – советская и французская. Но в самый разгар их работы как раз произошел распад Советского Союза, и сразу

прекратилось финансирование с нашей стороны. Французам пришлось продолжать финансировать самостоятельно. Нужно иметь в виду, что как бы мы ни старались, какими бы патриотами ни были, мы должны понимать в каком экономическом положении находится наша страна.

Тугаринов И. А.: Добавить можно? Всеволод Васильевич, я как раз вам журнал принес, там интервью Зеленого, директора Института космических исследований, и он там дополняет Ваш ответ: что хотя мы и не можем посылать свои аппараты, но на многих стоят приборы, которые мы делаем.

Борисов В. В.: Я сказал, что российские специалисты тоже поставляют приборы. Не знаю на каких финансовых условиях – возможно, американцы просто платят за это, то есть это исполнение заказов. Но не это важно: платят, не платят. Важно, что имеется квалификация, для того, чтобы исполнять такие заказы. Но, конечно, нужно учитывать масштаб. Если мы говорим, что у нас лучший университет где-то на сотом месте, а многие американские входят в первые пятьдесят, то нужно понимать, что они от дефицита специалистов не страдают. Такова жизнь.

Изосимов В. Ю.: У кого еще вопросы? Пожалуйста, Евгений Валентинович.

Осадчук Е. В.: Всеволод Васильевич, допустим, найдено какое-то технологическое решение. Оно прошло испытание в агрессивной космической среде. Убедились, что оно действительно является решением, и дальше что? Какова схема воплощения его в практических сферах на Земле? Кто отбирает? Как выявить к ним интерес? Что дальше с ним делать?

Борисов В. В.: Нужно иметь в виду, что у разных областей техники имеется большое количество зон взаимодействия. Поэтому, если решение найдено для приборов, которые могут очень-очень точно измерять какие-то параметры, ясно, что это может быть применено и в земных условиях, и, наверное, применяется. Более того, я думаю, что в космос посылают те решения, которые были найдены при решении земных проблем. Вообще, нужно сказать, что, несмотря на то, что космос вроде далеко, но ближний космос совсем близко. Но даже и при исследовании дальнего космоса количество важных прикладных решений не такое маленькое.

Осадчук Е. В.: Но какой-то орган существует, какая-то система?

Борисов В. В.: Вы имеете в виду систему управления? Лучшие условия для такой работы – это когда система управления как можно меньше мешает. Но и здесь приоритет за западными странами. Там власти мешают меньше. Наверное, больше ценят науку. Это не значит, что у нас не может быть властей, которые бы ценили науку.

Изосимов В. Ю.: Спасибо. Пожалуйста, Вильям Рафаилович.

Мелик-Адамян В. Р.: В последнее время все яснее и яснее становится опасность, связанная с падением метеоритов, особенно крупных, которых много в поясе астероидов. С моей точки зрения, это очень важное направление. Важнее чем изучать карту Меркурия. Что сейчас известно, что нового по этой проблеме?

Борисов В. В.: Всякие направления важны. Но то, о котором Вы сказали, как раз очень сильно развивается. До сих пор считали, что нужно следить – как только появится метеорит, надо срочно принимать меры. Так вот, среди космических обсерваторий есть такие, которые поставили своей задачей как можно подробней изучить все *околоземное пространство* – то пространство, где находятся малые астероиды, метеориты и т. д., которые через какое-то время могут представлять опасность. Исследуют, где они присутствуют, в какую сторону движутся, в каких полях, какие из них наиболее опасны – это считается главной задачей нескольких работающих космических обсерваторий. При этом для обоснования запуска такого рода космической обсерватории иногда ссылаются на вот челябинский метеорит: мол, мы тоже можем дождаться чего-то подобного, давайте примем меры.

Мелик-Адамян В. Р.: А известно, за сколько времени человечество успеет принять меры?

Борисов В. В.: Существуют атласы, каталоги, в которых уже чуть ли не миллионы небесных тел. Точно также с астероидами. Это многие-многие тысячи астероидов. Но если раньше обращали внимание только на большие астероиды, диаметром не менее 100 км, то сейчас чуть ли не до булыжников доходит. Ну, я немножко преувеличил, но, по крайней мере, до *больших* булыжников. То есть пытаются сделать каталог, прописать координаты каждого потенциально опасного астероида. При этом основное внимание обращают на скорость, в каком направлении движется, в каких полях. Отбирают самые потенциально опасные, за которыми постоянно следят. Так что определенный сигнал тревоги, может быть даже не совсем оправданной, может быть подан заблаговременно.

Изосимов В. Ю.: В тех материалах, которые Вы изучали, содержится какой-то прогноз на будущее? Какие направления в области космических исследований можно считать основными на ближайшую, среднесрочную и долгосрочную перспективу?

Борисов В. В.: Я могу сказать, что существуют конкретные планы, самое позднее до 2030 г. Вы понимаете, чтобы осуществить полет куда-то космического корабля, недостаточно сегодня принять решение – завтра вы его не отправите. Нужно все это делать заблаговременно. Проекты уже существуют и разрабатываются новые. Надо сказать, что в космических агентствах проходит довольно строгий отбор наиболее перспективных проектов. На ближайшие пять лет этот отбор уже в основном проведен. Если конечно появится какая-то сверхидея, то она может быть будет включена вне очереди. Планы существуют и у НАСА, и у Европейского космического агентства, и у индийского агентства, и у японского, и у китайского. Не знаю как Роскосмос, но у него, по-моему, тоже имеются какие-то планы. Планы, что делать в ближайшие пять лет, в ближайшие десять лет. Когда космический аппарат улетает туда, откуда только радиосигнал 4 часа идет, ясно, что эти аппараты запускают не на год, не на два – это проекты на десятилетия. Самые дальние – 37 лет, 40 лет, то есть речь идет о разработке длительных проектов, часть которых еще продолжаются. «*Curiosity*» до сих пор работает и получает данные

и т. д.

Изосимов В. Ю.: Тогда, если позволите, второй вопрос. Понятно, что США обладают экономической мощью, несопоставимой с нашей. Вы считаете, что ослабление российских позиций в области космических исследований в последние десятилетия связаны исключительно с бедностью? Как тогда объяснить недавнее фиаско с «Фобосом». Деньги на подготовку запуска нашлись, но он просто не умеет летать. И насколько мне известно, я могу и ошибаться, годовой бюджет космических исследований в нашей стране, где-то порядка триллиона рублей.

Борисов В. В.: Это не так много.

Изосимов В. Ю.: Это и не так мало. Но результата нет никакого. То есть я хочу спросить, все остальное у нас есть, кроме денег? Есть специалисты, технологии.

Борисов В. В.: Неудачные полеты случаются не только у нас. Полеты к Венере, полеты на Марс – две трети были неудачные, по крайней мере в первые десятилетия. Нужно просто смириться с тем, что неудачные полеты бывают. Это, что касается «Фобоса».

Теперь, что касается наших специалистов. Обратимся к статьям «Википедии», описывающим космические аппараты. В этой области в «Википедии» очень хороший материал: полное описание всех приборов и т. д. Я думаю, составители опираются на данные НАСА и Европейского космического агентства, потому что дурак так не опишет. Так вот, в конце описания идут ссылки на источники. Количество русских фамилий в авторских коллективах статей изобилует. У нас есть много специалистов, которые работают и там, и здесь. Таким образом, если вдруг представится возможность работать в этом направлении, резерв кадров, безусловно, есть откуда черпать. Для этого не надо за помощью обращаться к иностранцам. Борис Евгеньевич Штерн книгу написал «Прорыв за край мира». Там в основном интервью с кем? С нашими. С Андреем Линде, Алексеем Старобинским, с Вячеславом Мухановым и т. д.

Изосимов В. Ю.: Спасибо. Еще вопросы есть? Павел Юрьевич, пожалуйста.

Чеботарев П. Ю.: Недавно на многих произвело впечатление заявление наших официальных лиц, что наши специалисты обнаружили такие спутники-шпионы, которые замаскированы под космический мусор. В связи с этим, вопрос такой – может быть в ваших изысканиях это стало ясно в какой-то степени – насколько разные страны, мы и американцы, можем контролировать такую вещь, как вывод оружия в космос? Можем ли мы быть уверены, что в космосе нет стратегического оружия?

Борисов В. В.: Как известно, стратегическое оружие направлено все-таки на Землю. Никто не собирается направлять какую-то бомбу на Луну. Так что все равно адрес земной. Если говорить о тех, кто занимается исследованиями космоса, то можно ручаться, что такой ерундой они заниматься не будут. Когда имеется оружие, которое может без всякого космоса все что угодно истребить, зачем нам космос? Уничтожать космические аппараты, чтобы они не приносили ученым никакой ин-

формации? Это трудно представить. Мы, однако, видим, что ресурсы всякого рода бандитов значительно более ограниченны, чем ресурсы специалистов. Если речь идет об Иране, Северной Корее, они в космических проектах не участвуют.

Чеботарев П. Ю.: Давно говорят о «звездных войнах». Термин «звездные войны» давно обсуждается.

Борисов В. В.: Это литература. Надо сказать, что сейчас большое внимание к экзопланетам. Может быть, где-то там есть жизнь. Но если там обнаружится жизнь, то мы обнаружим то, что было несколько тысяч лет тому назад.

Ростовцев А. А.: У меня такой вопрос. Мы говорим, что есть необходимые условия, средства, в том числе технические, те же самые люди, специалисты. А вот не кажется ли Вам, что есть какие-то более фундаментальные, системные вещи, которые и при наличии этих средств и большого количества специалистов, просто не дадут добиться успеха?

Борисов В. В.: В этом направлении, как известно, разговоры идут с 4 октября 1957 г.: а нельзя ли было на эти деньги сделать что-то более полезное? Оказалось, что все-таки очень многого полезного удалось сделать на эти деньги.

Ростовцев А. А.: Вопрос был чуть-чуть не о том. Вот есть что-то необходимое и достаточное, для того, чтобы достичь успеха, например, в инновационных космических исследованиях?. Нашли средства, много-много денег. Нашли много-много специалистов, которые будут работать. А еще что-то важное? Или только эти два компонента?

Борисов В. В.: Для чего?

Ростовцев А. А.: Для того, чтобы получить успех в этой области. Чтобы решить задачи. Мне вот кажется, что людей и средств недостаточно. Есть более фундаментальные, системные вещи, о которых мы почему-то не говорим.

Борисов В. В.: Ну, скажите.

Ростовцев А. А.: Например, реформа образования и науки, Академии наук. Я вижу, что у нынешних реформ вектор направлен в отрицательную область. А это значит, что через несколько лет ситуация будет только хуже. Ведь без фундаментальной науки и хорошего образования мы, даже получив аффилированных на Западе специалистов на нашу сторону, ничего не добьемся.

Изосимов В. Ю.: Пожалуйста, Иван Алексеевич.

Тугаринов И. А.: Где-то я встречал в публикациях, что после распада Советского Союза по всей планете, и в Америке в том числе, произошел спад финансирования исследований в космической области. По вашему исследованию нет такого ощущения?

Борисов В. В.: Существуют, как известно, мировые кризисы. Они существуют с давних времен. Тем не менее интересен такой исторический пример, который многим известен, о том, что печальная судьба Бориса Годунова была связана с голодом, источник которого был где-то в Индонезии. Атмосферные явления, которые привели потом к засухе и т. д. Поэтому напрямую связывать фактор распада Советского

Союза…

Тугаринов И. А.: Исчез конкурент опасный, и прекратились многие исследования.

Борисов В. В.: Что-то в этом есть. Нельзя сказать, что в таких катастрофических масштабах. Это наблюдается не только в Штатах. Стремление человека иногда почивать на лаврах свойственно многим.

Изосимов В. Ю.: Есть еще вопросы?

Брук Ю. М.: Я некоторое время посвятил всяким школьным делам. И хочу привести пример того, что в Штатах существуют сотни различных школьных научных обществ, в которых школьники, студенты сами разрабатывают всякие космические аппараты и даже запускать их пытаются.

Борисов В. В.: Есть космические обсерватории, которые целиком этому посвящены.

Брук Ю. М.: Да, конечно. У нас было некое всероссийское аэрокосмическое объединение, командовал этим делом Александр Александрович Серебров, космонавт и дважды герой. Его нет, к сожалению, в живых. Потом это дело все заглохло. У нас были когда-то дома пионеров, станции юных техников, где школьники что-то пытались разрабатывать. Надо попытаться возродить это дело с помощью нашего министерства, чтобы они помогли с финансированием и организацией.

Борисов В. В.: Мы забываем, что наша страна очень большая. И количество ячеек, которые и сейчас этим занимаются, причем на хорошем уровне, намного больше, чем то, что мы знаем. И устанавливать контакты между этими ячейками – вполне злободневная проблема.

Брук Ю. М.: Нужно в какой-то форме тормошить наши власти.

Изосимов В. Ю.: Но форма существует – извините, что я вас перебиваю – только одна – инициатива, активная гражданская позиция. Другой формы нет.

Брук Ю. М.: Печально когда в Штатах существуют сотни каких-то организаций типа наших старых домов пионеров и станций юных техников, которые, в общем-то, делают спутники.

Изосимов В. Ю.: Мы отклонились от нашей темы. Хотя, я совершенно согласен, что для того, чтобы получать какие-то результаты в космических исследованиях, надо начинать с самого раннего детства, с системы дошкольного образования, далее школы и высшего образования. Кто бы спорил. Я не согласен с тем, что все проблемы от отсутствия денег. На что-то денег все-таки хватает. Почему там-то результатов нет? И проблема не в отсутствии специалистов, а уж тем более интеллекта и новых идей у людей. Тут, наверное, более глубинные причины: неумение довести идею до конкретных результатов. Но главное, на мой взгляд, все-таки, упирается в то, что когда наступает стадия воплощения конкретной идеи, то она разбивается о какой-то, причем все время нарастающий непрофессионализм, безответственность. И ясно, что как профессионализм, так и ответственность, в том числе и гражданская, воспитываются с самого раннего возраста. Очень быстро идет процесс утери профессионализма. Прошло всего 20 лет, и как будто бы никогда

и не было у нас специалистов. Я сейчас имею в виду не ученых, а инженеров, которые воплощают разработки в практику. Конечно, есть система управления, которая не всегда компетентно вмешивается. С тем же «Фобосом», если мне не изменяет память, были проблемы, связанные с тем, что Роскосмос распорядился уже чуть ли не накануне испытаний прицепить к этому «Фобосу» какой-то китайский спутник, который нужно было оставить на орбите Марса. А это означало, что ракетоноситель надо было менять, все пересчитывать и проводить новые испытания. А потом, после китайцев появились европейцы: надо было какой-то передатчик там оставить. Система управления в данном случае не всегда способствует успеху реализации проекта. Но легче всего пенять на начальников, на отсутствие денег. А в общем, я думаю, проблемы гораздо глубже, чем наша сегодняшняя тема.

Призываю вас высказываться, но все-таки вернуться ближе к теме. Пожалуйста, Андрей Африканович.

Ростовцев А. А.: Я бы хотел привести два примера, как бы, контрпримеры основной системе тезисов, которые здесь прозвучали. Один пример – удачный российский пример. В Совете по науке Министерства образования и науки есть такой человек – Юрий Ковалев. Он – научный руководитель удачного проекта – «Радиоастрон»[2]. И там, в этом проекте, есть и деньги, есть и успех, есть какой-то набор специалистов. Это пример хорошего, успешного российского космического проекта.

Пример с другой стороны планеты. Соединенные Штаты. Там тоже есть и безграмотность на самом высоком уровне управления, и непрофессионализм. Классический пример – система GPS. Когда запускали первые спутники, то инженеры и руководство проекта не поверили, что существуют поправки на общую теорию относительности, то есть время на орбите течет по-другому, не так, как предсказывает специальная теория относительности. Общая теория относительности требует поправок на гравитацию. И они собирались запускать без этих поправок. Без этих поправок гарантировано расхождение точности в ближайшие секунды на сотни километров. И вот ученым удалось убедить руководство проекта поставить в компьютер две программы – одна без поправок, другая с поправками. И когда спутник полетел, все убедились, что Эйнштейн был прав.

Изосимов В. Ю.: Пожалуйста, Вильям Рафаилович.

Мелик-Адамян В. Р.: Я на протяжении последних пятидесяти лет являюсь свидетелем исследований по кристаллизации белков, которые производились в космосе. Вы все знаете, что последние достижения молекулярной биологии тесно связаны с определением структуры биологических макромолекул. Это самые большие макромолекулы, которые появились на Земле в результате эволюции. Они содержат десятки тысяч атомов и современная наука позволяет определять координаты этих атомов в пространстве с точностью до одного ангстрема, то есть строить

[2] Имеется в виду проект Астрокосмического центра ФИАН, руководитель академик Н. С. Кардашев.

атомные модели этих больших молекул и, как следствие, изучать механизм действия ферментов. А эти биологические молекулы – они одинаковые во всех живых организмах на Земле.

Рентгеноструктурный анализ или кристаллография белков позволяет получать данные об их строении, но для этого нужно получить монокристалл, состоящий из этих биологических макромолекул. И чем совершенней будет этот монокристалл, тем больше точность этих моделей. Это довольно трудная задача и в конце концов некоторые исследователи пришли к выводу, что сам процесс кристаллизации ставит ограничения, связанные с тем, что вокруг кристалла происходит конвекция раствора, потому что часть вещества уходит в кристалл. Раствор становится легким, поднимается. Эти турбуленции вокруг кристалла приводятся в движение силой тяжести. Выход – отправиться туда, где сила тяжести не оказывает влияния, и получить совершенные кристаллы. Вот такая идея. И она получила встречное движение со стороны тех, кто связан с космосом. С моей точки зрения, космические исследования были большей частью связаны с обороной, с войной, со всякой страшной человеческой деятельностью, и нужно было найти оправдание для тех больших затрат государства на космические исследования должна быть какая-то польза и для мирных целей. Искали задачи, решение которых может принести пользу медицине и мирным занятиям человечества.

Были подключены конструкторские бюро, которые занялись новым для них делом. Они сконструировали новые аппараты по кристаллизации белков. Было создано, наверное, пять или шесть различных аппаратов в Соединенных Штатах, но вслед за этим пришли и наши исследователи. Развивалось это с переменным успехом: иногда получались кристаллы точно такие же как на Земле, но у некоторых исследователей получались кристаллы лучше.

Кротов С. С.: Простите, их привозили из космоса?

Мелик-Адамян В. Р.: Да. Вы отправляете эксперимент, через полгода получаете результат, вносите изменения, опять отправляете. Эксперименты проводились и на автоматических станциях, без людей, и сейчас на МКС проводятся исследования. Раз в полгода на МКС уходят аппараты или приборы, заряженные растворами белков, и оттуда приходит результат. И это объединяет ученых разных стран. Скажем, отправляя белки на МКС, мы получаем возможность исследовать кристаллы на синхротронах в Японии Это приводит к объединению ученых, белки отправляются самые разные. С другой стороны, облегчается путь исследования. Я считаю, этот пример как раз относится к инновационному направлению, которое внес космос в исследования конкретных задач белковой кристаллографии.

Изосимов В. Ю.: Спасибо большое. Пожалуйста, Андрей Владимирович.

Грибовский А. В.: У меня возникли такие соображения по поводу инновационного характера космических исследований. На самом деле, наше государство никогда не утрачивало хотя бы формальный интерес

к проведению космических исследований, о чем свидетельствует то, что те направления исследований, которые в той или иной степени относились к этой проблематике, входили в состав и списка приоритетных направлений, начиная с черномырдинских времен, с 96-го года, и критических технологий. Если мне не изменяет память, то в последнем варианте списка приоритетных направлений, который был предложен Высшей школой экономики, одно из направлений – исследование космоса. Это к вопросу о том, что необходимо для того, чтобы механизм изучения космоса, запуска пилотируемых автоматических станций заработал, и, как Андрей Африканович правильно сказал, только денег и специалистов недостаточно, нужно что-то еще. Что же необходимо для того, чтобы эти приоритетные направления и критические технологии заработали, что же еще? Сейчас с самых высоких трибун звучит, что нужно как-то уменьшить количество приоритетных направлений и критических технологий – в 96-м году, по-моему, было 18 приоритетных направлений, а сейчас где-то на уровне 8 стабилизировались.

Сегодня говорят, что нужно еще больше сократить количество этих направлений, но при этом уйти от той формы закрепления научно-технологических приоритетов, которая существует. Сейчас – это малоинформативная, сухая форма, просто банальные перечни тех или иных направлений исследований. А надо перейти к неким комплексным проектным подходам наподобие тех подходов, которые были в советском атомном проекте, опять-таки, советском космическом проекте, когда все было завязано, были цепочки созданы, была обеспечена подготовка кадров и т. д.

С этих позиций исследование космоса является, на мой взгляд, одним из ядер кристаллизации такого проекта. Сегодня на нашем круглом столе говорилось, что космические исследования, изучение космоса – это полигон для апробирования самых прорывных технологий по очень широкому спектру, начиная от конструирования летательных аппаратов и заканчивая проблемами биомедицины. Космические исследования могут служить своего рода интегратором наиболее прорывных исследований. Изучение космоса связано не только с инновационным развитием, но и с повышением наукоемкости в целом, являясь локомотивом для продвижения всех остальных отраслей, но напрямую завязано на национальную безопасность. Как раз то, что Павел Юрьевич говорил – различные спутники-шпионы. Но не только спутники-шпионы, но и спутники, которые могут изучать и прогнозировать различные, возможные чрезвычайные ситуации, предоставлять информацию для их устранения. Мне кажется, что было бы очень здорово, если было бы принято решение о переходе в рамках, допустим, национальной технологической инициативы, о которой сейчас говорят, к ряду *комплексных, целевых проектов*, одним из которых, условно, мог бы быть проект по исследованию космоса.

Изосимов В. Ю.: Спасибо. Пожалуйста, Иван Алексеевич.

Тугаринов И. А.: Я задавал вопрос о сокращении космических исследований после развала СССР. Была надежда, что противостояние

прекратилось, огромные средства, которые шли на гонку вооружений, могут быть использованы как раз на космические исследования, на науку в целом. У нас, воспитанных на советской фантастике, были такие представления: что надо как можно больше людей из человечества использовать в качестве ученых. Воспитать огромное количество исследователей, потому что поле исследований неисчерпаемо. Развитие космоса делает его совершенно беспредельным.

И вот казалось, что собирались пустить эти деньги на что-то благое, а вместо этого пустили на рыночную экономику, пустили м.н.с.-ов на официантов, банкиров и т. д. Поэтому и впечатление действительно было такое, что и в Соединенных Штатах уменьшилось количество космических исследований. Инноваций стало как бы меньше в результате всего этого. Сейчас возвращается некоторое противостояние, и есть «надежда», что некоторая гонка вооружений приведет к увеличению космических исследований, и привлечет внимание к науке, и наконец-то окончится эта никудышная реформа Академии наук и т. д.

Изосимов В. Ю.: Если больше никто не хочет высказаться, тогда мы предоставим заключительное слово Всеволоду Васильевичу.

Борисов В. В.: Должен сказать, что в своем выступлении я вовсе не восхвалял Америку, я акцентировал внимание на возможностях человечества по освоению космоса. Думаю, что эти знания ничуть не хуже, чем получение прибыли какими-то банками и т. д.

Что касается того, что у нас бывают хорошие примеры и бывают очень плохие примеры в Соединенных Штатах Америки. В каждой стране имеется столько мусора, сколько в космосе нет. Речь идет о результатах, а не о том, кто лучше и кто хуже.

Относительно приоритетов хочу сказать, что фактически львиная доля тех инноваций, о которых я говорил, – это приборостроение. Мы знаем, на чьих компьютерах мы работаем. В области приборостроения у нас уже давнее отставание, с советских времен. Если обращать внимание на приборостроение, то надо иметь в виду, что уровень точности в космических аппаратах на порядок выше, чем в других приборах.

И в заключение: надеюсь, это обсуждение было полезно всем. Поэтому я благодарю всех за внимание и всем большое спасибо.

Изосимов В. Ю.: Спасибо Вам, Всеволод Васильевич. Мы завершаем работу нашего круглого стола. Спасибо всем за участие.